

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 519.87:004

### Модифицированная модель генетического алгоритма с увеличением числа кроссоверов для минимаксной оптимизации в многопроцессорных системах

В.Г. Кобак, В.А. Белодедов

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

В данной статье рассматривается применение генетических алгоритмов для решения задачи минимизации максимального времени выполнения заданий в многопроцессорной системе. Предложена модифицированная модель Голдберга с использованием турнирного отбора и двухточечного кроссовера, что позволяет повысить эффективность алгоритма. Проведён вычислительный эксперимент с различными параметрами кроссовера, результаты которого показывают, что увеличение числа точек кроссовера положительно влияет на точность алгоритма, но сопровождается ростом вычислительных затрат. Анализ полученных данных подтверждает перспективность предложенного подхода для решения задач распределения ресурсов, открывая новые возможности для оптимизации работы многопроцессорных систем.

**Ключевые слова:** генетические алгоритмы, минимаксная оптимизация, многопроцессорные системы, распределение заданий, турнирный отбор, двухточечный кроссовер, вычислительный эксперимент, модифицированная модель Голдберга, оптимизация ресурсов

**Для цитирования.** Кобак В.Г., Белодедов В.А. Модифицированная модель генетического алгоритма с увеличением числа кроссоверов для минимаксной оптимизации в многопроцессорных системах. *Молодой исследователь Дона.* 2025;10(1):42–44.

### Modified Genetic Algorithm Model with Increased Number of Crossovers for Minimax Optimization in Multiprocessor Systems

Valerii G. Kobak, Viktor A. Belodedov

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

The article investigates the use of the genetic algorithms for solving the problem of minimization of the maximum task-execution time in the multiprocessor systems. A modified Goldberg model based on tournament selection strategy and two-point crossover technique has been proposed, which made it possible to improve the algorithm efficiency. A computational experiment with various crossover parameters has been conducted, the obtained results indicate the positive effect of the crossover points number increase on the algorithm accuracy, although this requires the computation cost rise. Analysis of the obtained data ascertains the prospects of the proposed approach to solving the resource allocation problems, providing new opportunities for optimization of the multiprocessor system operations.

**Keywords:** genetic algorithms, minimax optimization, multiprocessor systems, task distribution, tournament selection, two-point crossover, computational experiment, modified Goldberg model, resource optimization

**For Citation.** Kobak VG, Belodedov VA. Modified Genetic Algorithm Model with Increased Number of Crossovers for Minimax Optimization in Multiprocessor Systems. *Young Researcher of Don.* 2025;10(1):42–44.

**Введение.** В последние годы генетические алгоритмы (ГА) завоевали популярность как мощный метод для решения множества задач оптимизации в науке и инженерии. Эти алгоритмы основываются на принципах есте-

ственного отбора и эволюции, что позволяет успешно находить глобальные оптимумы для сложных многопараметрических функций [1]. Однако, несмотря на широкую применимость генетических алгоритмов, задача повышения их точности и эффективности остается актуальной. Разработка новых подходов, таких как усовершенствованные методы селекции, кроссовера и мутации, а также интеграция современных вычислительных технологий, играет ключевую роль в улучшении их производительности и расширении возможностей для решения более сложных задач.

**Основная часть.** Постановка задачи. Неоднородная минимаксная задача представляет собой задачу оптимизации, в которой необходимо минимизировать максимум некоторого набора целевых функций, заданных на одном или нескольких множествах переменных, при этом данные или структура задачи обладают свойством неоднородности. Эта неоднородность может проявляться в различии целевых функций, которые могут быть определены в разных формах или учитывать различные аспекты модели, а также различии ограничений, которые могут быть линейными, нелинейными, интегральными или иными, и в различии областей определения переменных, которые могут принадлежать разным множествам. Формально такая задача может быть представлена как минимизация максимума набора функций  $f_i$ , где  $x$  принадлежит множеству допустимых решений  $X$ , а  $i$  — индексное множество. Подобные задачи характерны для многокритериальной оптимизации, робастной оптимизации и задач теории игр. Их решение часто требует использования специальных методов, которые учитывают неоднородность, таких как иерархические подходы, разбиение на подзадачи или применение гибридных численных методов [2].

**Методы решения.** Для решения поставленной задачи применяются как точные, так и приближенные алгоритмы. В данной работе использовался генетический алгоритм, основанный на модифицированной модели Голдберга. Основное отличие модифицированной модели заключается в использовании турнирного отбора вместо стандартного канонического подхода. При турнирном отборе после выполнения операции кроссовера возможна мутация, после чего худший из потомков исключается. Оставшийся потомок проходит сравнение с родительской особью: если его характеристики превосходят показатели родителя, он заменяет его, а в противном случае также исключается.

**Способ улучшения точности.** Увеличение точности алгоритма может быть достигнуто за счет увеличения числа точек кроссовера, что позволяет родительским особям обмениваться генетическим материалом более интенсивно. Как показано в статье «Подход к улучшению точности неоднородной минимаксной задачи с помощью модифицированной модели Голдберга» [3], такой метод способствует улучшению итоговой эффективности алгоритма. Тем не менее, остается открытым вопрос о том, существует ли предел, при котором дальнейшее увеличение числа кроссоверов продолжает улучшать результат, оставаясь при этом оправданным с точки зрения вычислительных затрат.

**Вычислительный эксперимент.** Аналитически невозможно ответить на поставленные выше вопросы, так как генетические алгоритмы подразумевают под собой огромное множество случайных операций, полный просчет которых невозможно провести вручную. Поэтому был проведен масштабный вычислительный эксперимент, описанный ниже. Для выполнения экспериментов были заданы следующие параметры: количество процессоров, количество задач, минимальная и максимальная длительность процессов в матрице, число задач, число повторений лучшей особи для завершения работы программы, количество кроссоверов при скрещивании и число особей в поколении.

В ходе вычислений применялся двухточечный тип кроссовера. Его суть заключается в обмене генетическим материалом между родительскими особями в двух случайно выбранных точках хромосомы. Такой подход обеспечивает более равномерную комбинацию характеристик родителей, что способствует созданию более разнообразного поколения потомков и увеличивает вероятность нахождения оптимального решения [4].

Для выполнения экспериментов использовалась среда разработки PyCharm Community 2023 на языке программирования Python. Все вычисления проводились на компьютере с операционной системой Microsoft Windows 10, процессором AMD Ryzen 5 2600 Six-Core Processor с частотой 3.4 GHz и оперативной памятью 16 Гб.

Для полноты эксперимента были случайным образом сгенерированы и использованы пятьдесят различных матриц. Конкретные параметры, использованные в алгоритме:

- количество процессоров — 4;
- количество задач — 143;
- минимальная длительность процессов — 10;
- максимальная длительность процессов — 25;
- число задач — 50;
- число повторений лучшей особи — 800;
- число кроссоверов — от 1 до 20;
- число особей в поколении — 800.

Итоговые результаты машинных экспериментов представлены в таблице 1.

Результаты вычислительных экспериментов для пятидесяти случайных матриц

Количество кроссоверов	Средний результат вычислений
1	472,8157895
2	471,6578947
3	472,2368421
4	470,7368421
5	471,1842105
6	469,6315789
7	469,4473684
8	468,5263158
9	468,5789474
10	468,0000000
11	467,4210526
12	467,7368421
13	467,1315789
14	465,4473684
15	466,0000000
16	466,2105263
17	465,4473684
18	465,8684211
19	465,9210526
20	464,6052632

**Заключение.** Анализ данных, полученных в ходе масштабных экспериментов показал, что увеличение числа кроссоверов положительно влияет на средний результат работы алгоритма. Однако следует учитывать, что с увеличением количества кроссоверов значительно возрастает время выполнения программы, а также потребление вычислительных ресурсов.

#### Список литературы

1. *Генетические алгоритмы или как учебник по биологии может помочь в функциональной оптимизации.* Lazy Smart. URL: <http://lazysmart.ru/iskusstvenny-j-intellekst/geneticheskie-algoritmy-ili-kak-uchebn/> (дата обращения: 18.01.2025)
2. Белодедов В.А., Кобак В.Г. Сравнение различных миграций при решении неоднородной минимаксной задачи островной моделью. *Молодой исследователь Дона.* 2024;9(2):22–27.
3. Кобак В.Г., Белодедов В.А. Подход к улучшению точности неоднородной минимаксной задачи с помощью модифицированной модели Голдберга. *Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки.* 2024.
4. *Crossover (evolutionary algorithm).* Wikipedia. URL: [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Crossover\\_\(evolutionary\\_algorithm\)](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Crossover_(evolutionary_algorithm)) (дата обращения: 18.01.2025)

#### Об авторах:

**Валерий Григорьевич Кобак**, доктор технических наук, профессор кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [valera33305@mail.ru](mailto:valera33305@mail.ru)

**Виктор Александрович Белодедов**, студент факультета информатики и вычислительной техники Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [viktor.belodedoff@yandex.ru](mailto:viktor.belodedoff@yandex.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

#### About the Authors:

**Valerii G. Kobak**, Dr.Sci. (Engineering), Professor of the Computer Engineering and Automated Systems Software Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, Russian Federation, 344003), [valera33305@mail.ru](mailto:valera33305@mail.ru)

**Viktor A. Belodedov**, Bachelor's Degree Student of Informatics and Computer Engineering Faculty, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, Russian Federation, 344003), [viktor.belodedoff@yandex.ru](mailto:viktor.belodedoff@yandex.ru)

**Conflict of Interest Statement:** the authors declare no conflict of interest.

**All authors have read and approved the final manuscript.**